

Analisis Pengaruh Teknologi SRAN (*Single Radio Access Network*) Terhadap Modernisasi Arsitektur Jaringan Telekomunikasi

Julia Permata Sari¹; Peby Wahyu Purnawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur Jakarta

²pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id

ABSTRACT

Idea Single Radio Access Network is simple operating different radio technologies on single multi-purpose hardware platform. its most developed form, SRAN comprise one radio installation with common transport, operational and management system integrated unified security across Radio Access Technologies. In addition, it enables coordination and operation of different RATs in a unified way, able to use existing RATs to bring best performance by coordinating their advantages. Modularity is a key enabler, allowing capacity to be scaled up in line with demand, new and existing spectrum to be used more efficiently. North Sumatra–DRD TOBINJAI2 site area that has been chosen to be modernized by SRAN solution. Result of implementation has been tested and analyzed, SRAN is simplify hardware usage from 5 system and 5 transport module become 3 system and 2 transport module with additional LTE 900 and 2100 upgrades in this site. Operational efficiency improved through network sharing, energy efficiency of the radio network raised 27% and software can be used to define functions of the hardware for ultimate flexibility, performance and cost effectiveness. By doing the drive test, SRAN improve the throughput of uplink rate up to 10 Mbps and reduce delay time from >70 ms to 40 ms.

Keywords: SRAN, RAT, modernized, network sharing, energy efficiency

ABSTRAK

Gagasan Single Radio Access Network sangat sederhana yaitu dapat mengoperasikan berbagai teknologi radio pada satu platform hardware multiguna. Dalam pengembangan terbaru, SRAN terdiri dari satu instalasi radio dengan common transport dan sistem operasional dan manajemen dengan keamanan terpadu di seluruh RATs (Radio Access Technologies). Selain itu, SRAN dapat mengkoordinasikan dan mengoperasikan berbagai RAT secara terpadu serta mampu menggunakan RAT yang ada untuk menghasilkan kinerja terbaik dengan mengkoordinasikan keuntungan masing-masing RAT. Modularitas adalah enabler utama yang meningkatkan kapasitas sesuai dengan permintaan dan spektrum baru dan spektrum yang ada dapat digunakan lebih efisien. Sumatra Utara – site DRD TOBINJAI2 adalah lokasi yang dipilih untuk dimodernisasi dengan solusi SRAN. Hasil implementasi pada site tersebut setelah diuji dan dianalisa, SRAN dapat menyederhanakan penggunaan hardware dari 5 modul sistem dan 5 modul transmisi menjadi 3 modul sistem dan 2 modul transmisi dengan menambahkan teknologi LTE band 900 dan 2100 pada site tersebut. Efisiensi pada operasional meningkat melalui network sharing, efisiensi energi jaringan radio meningkat 27% dan software dapat digunakan untuk menentukan fungsi hardware agar lebih fleksibel, performa lebih baik dan meningkatkan efektifitas biaya. Dengan melakukan drive test, SRAN terbukti meningkatkan throughput pada uplink hingga 10 Mbps dan mengurangi waktu delay dari >70 ms menjadi 40 ms.

Kata kunci: SRAN, RAT, modernisasi, network sharing, efisiensi energi

1. PENDAHULUAN

Pengembangan LTE telah memainkan peran kunci dalam era IoT (*Internet of Things*) di dunia pada umumnya dan di Indonesia khususnya. Namun tidak sedikit permasalahan yang dialami oleh operator setelah jaringan 4G. Ketidakpastian *capacity life cycle*, ledakan *traffic* yang mempengaruhi kualitas jaringan dan perangkat baru RAN (*Radio Access Network*) yang menambah kompleksitas dan biaya serta pertumbuhan biaya energi menjadi kunci utama yang mendorong operator untuk mencari solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Dalam beberapa penelitian, ada beragam solusi yang ditawarkan diantaranya seperti Air Scale Solution yang mengganti perangkat *base station* dan antena dengan menggunakan *solar cell* dan tenaga angin sebagai energi utama, *air scale* mengusung tema “*zero emissions*” sebagai *highlight* pada solusinya. Dengan *Air Scale*, *peak data rates* dapat mencapai 1 Gbps, pengalaman gigabit adalah peluang pendapatan utama bagi operator [1]. Namun, solusi ini terbentur dengan investasi awal yang cukup besar bagi operator. Berikutnya, SRAN (*Single Radio Access Network*) Solution dengan menggunakan perangkat *baseband* Flexi Multiradio 10 BTS sebagai modul sistem [2] atau menggunakan *single board* UBBPd6 card dan *rectangular antenna* [3]. SRAN dapat membuat kompleksitas yang ada dalam arsitektur jaringan menjadi lebih sederhana pada sisi *base station* karena dapat mendukung berbagai teknologi RF dalam satu jaringan. Selanjutnya, Cloud RAN Solution, platform RAN konvensional didasarkan pada kepemilikan *hardware* dan bergantung pada *long life cycles* dalam pengembangan, penyebaran, dan pengoperasian. Cloud RAN memungkinkan pemisahan beberapa atau semua fungsi *baseband* dari *remote radio unit* yang dijalankan sebagai VNF (*Virtualized Network Function*) pada komoditas *hardware*, memungkinkan kemampuan *centralized*, seperti CoMP (*Coordinated Multi Point*), *scheduling* dan manajemen interferensi, tanpa perlu bertukar informasi di antara banyak *node* akses [4][5].

Diantara semua solusi di atas, SRAN Solution dengan menggunakan perangkat *baseband* Flexi Multiradio 10 BTS sebagai *system module* dapat membuat kompleksitas yang ada dalam arsitektur jaringan menjadi lebih sederhana pada sisi *base station* karena dapat mendukung berbagai teknologi RF dalam satu jaringan. Teknologi SRAN dengan Flexi Multiradio 10 BTS mempunyai keunggulan karena dinilai paling efisien dalam segi *hardware*, operasional dan manajemen serta pengeluaran OPEX (*Operating Expenses*). Dari segi *hardware*, kompatibilitas *existing* modul RF di *site* akan diuji sehingga operator dapat tetap menggunakan RF module *existing* yang mendukung implementasi SRAN. Pada operasi dan manajemen, semua *network element* dikelola hanya dengan 1 IP *address*, *host* dan *interface* serta *security* yang membuat *monitoring network* menjadi semakin mudah dan cepat. Sedangkan dari sisi OPEX akan lebih hemat karena dengan teknologi SRAN energi yang dikonsumsi *base station* menjadi lebih efisien.

2. METODE / PERANCANGAN PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode kuantitatif. Data diperoleh langsung dari site yang diobservasi seperti pengumpulan parameter awal dari *site existing* meliputi BSC *configuration*, *traffic data*, *packet loss ratio*, *delay*, *throughput* dan *hardware* yang digunakan.

2.1. Spesifikasi Dan Parameter Site Existing

Spesifikasi dan parameter site existing dibutuhkan untuk mengetahui keadaan awal jaringan. Site DRD TOBINJAI2 terletak di area urban dengan *coverage* makro. *Band* yang tersedia pada site tersebut adalah 900/1800/2100 (GSM/DCS-LTE/3G). Data konfigurasi modul pada *site* DRD TOBINJAI2 yang diambil pada tanggal 15 Januari 2019 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Konfigurasi *Site* DRDTOBINJAI2

Jenis Modul	Teknologi	Jumlah Tipe Modul
SMOD	G900	1_FSMF
	U900	1_FSMF
	D1800	1_FSMF
	L1800	1_FSMF
	U2100	1_FSMF
RMOD	G900	share_U900
	U900	1_FXDA
	D1800	share L1800
	L1800	1_FXED
	U2100	1_FRGT
TMOD	G900	1_FTIF
	U900	1_FTIF
	D1800	1_FTIF
	L1800	1_FTIF
	U2100	1_FTIF

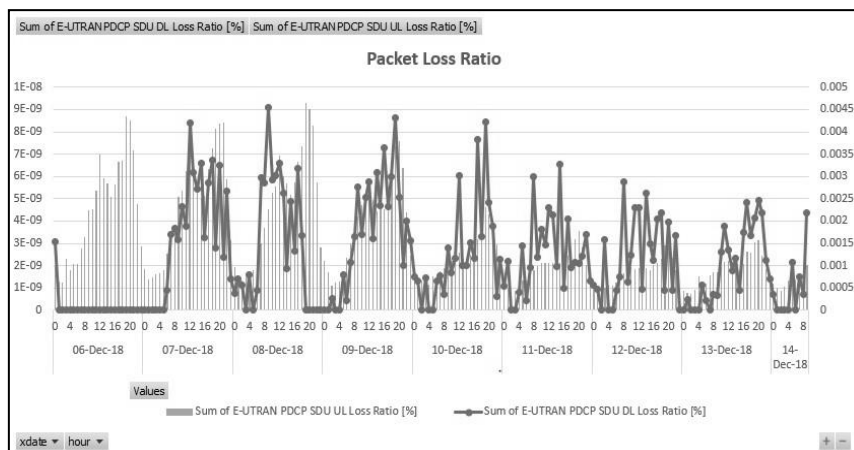
Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa modul sistem existing sudah menggunakan FSMF yang mendukung SRAN. Setiap teknologi harus memiliki masing-masing modul inti untuk modul sistem dan transmisi. Sedangkan RF modul sudah kompatibel dengan RF *sharing*. Dengan RF *sharing* penggunaan modul RF dapat dipakai berbagai teknologi tergantung dengan spesifikasi dari modul RF tersebut.

2.2. Parameter QoS (Quality of Service)

Pada penelitian ini ada 3 parameter yang digunakan untuk pengambilan data, yaitu:

➤ **Packet Loss**

Packet loss dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, mencakup penurunan *signal* dalam media jaringan, melebihi batas saturasi jaringan, paket yang *corrupt* yang menolak untuk transit dan kesalahan perangkat keras jaringan. *Packet loss ratio* pada jaringan *existing* seperti yang terlihat pada gambar 1.



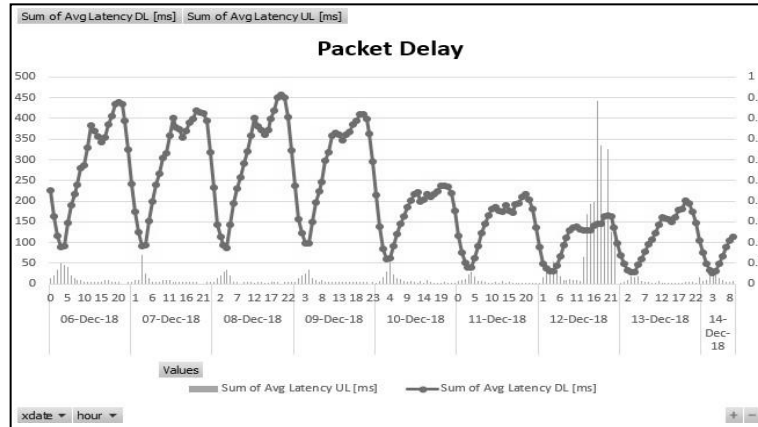
Gambar 1. Packet Loss Ratio Site DRDTOBINJAI2

Video adalah *traffic* yang sangat sulit bagi jaringan, sehingga *packet loss* dapat disadari oleh user jika mencapai 0,5% dan akan sangat mengganggu jika lebih dari 2%. Bahkan jika

packet loss lebih besar dari 2% dapat menyebabkan panggilan gagal. *Packet loss ratio* untuk L1800 site DRD TOBINJAI2 masih tergolong baik karena kurang dari 0,5%. Meskipun begitu, mengurangi *packet loss* adalah hal yang terus menjadi perhatian bagi *provider*.

➤ **Delay (Latency)**

Delay diperoleh dari selisih waktu kirim antara satu paket TCP dengan paket lainnya.

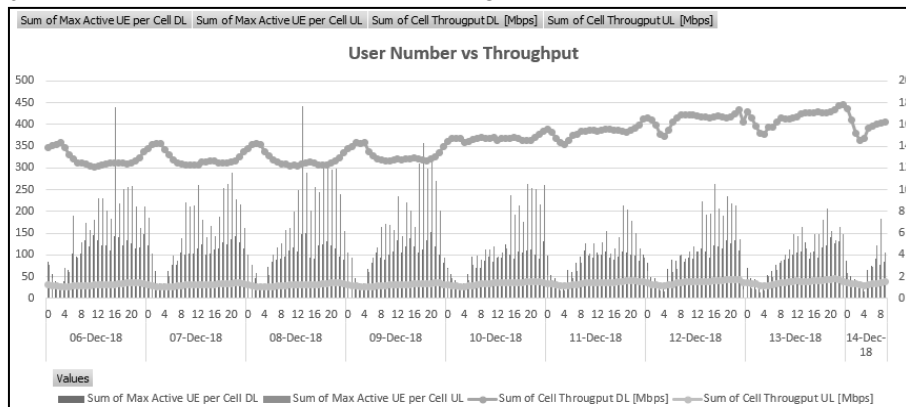


Gambar 2. Packet Delay Site DRD TOBINJAI2

Pada gambar 2 terlihat grafik *trend delay* atau *latency* semakin lama semakin menurun. *Latency* dibawah 100ms masih dapat ditolerir. Tetapi besarnya *delay* yang terjadi pada jaringan sangat mengganggu karena sudah lebih dari 150ms. Untuk orang yang sedang bermain *game*, *latency* harus kurang dari 50ms dan idealnya kurang dari 30ms. Hal ini terjadi karena transmisi di *site* DRD TOBINJAI2 masih menggunakan PDH (*Plesynchronous Digital Hierarchy*) dimana kecepatan *link* transmisi PDH masih sangat kurang untuk digunakan dalam transmisi data dalam hal ini teknologi LTE (4G).

➤ **Throughput**

Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.



Gambar 3. UE (*User Equipment*) vs Throughput Site DRD TOBINJAI2

Pada gambar 3 terlihat *trend throughput* *site* DRD TOBINJAI2 masih dalam keadaan dapat diterima. *Downlink* rata-rata sebesar 13 Mbps, namun *uplink* masih tergolong rendah yaitu

1,5 Mbps dengan *traffic uplink* yang sangat tinggi. Karena itu modernisasi SRAN difokuskan untuk membenahi kecepatan data baik *downlink* maupun *uplink*.

2.3. Konsumsi Daya Modul BTS (Existing Site)

Untuk mengetahui daya yang dikonsumsi BTS *existing*, pertama-tama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data konsumsi daya maksimum setiap modul yang digunakan pada BTS tersebut. Data konsumsi daya didapat dari data spesifikasi masing-masing modul dengan Total daya yang dikonsumsi oleh modul sistem dan RF sejumlah 3154 Watt [6][7]. Perhitungan konsumsi daya baik pada modul sistem maupun RF diambil nilai maksimum karena pada saat perangkat dinyalakan, perangkat mengkonsumsi daya maksimum. Walaupun ketika *traffic* sudah berjalan daya yang dikonsumsi adalah konsumsi daya tipikal.

2.4. Perencanaan Upgrade

Setelah mengetahui dan mengklasifikasikan permasalahan pada *site* tersebut, langkah yang dilakukan adalah memodernisasi teknologi di *site* tersebut dengan menggunakan teknologi SRAN. Selain itu, solusi yang dilakukan yaitu menambahkan teknologi LTE untuk *band* 900 dan 2100. Berdasarkan *design planning*, beberapa *hardware* harus ditambahkan untuk mendukung modernisasi SRAN dan penambahan teknologi tersebut adalah modul *capacity extension* dan RF.

Pada konfigurasi *site existing* modul sistem yang digunakan untuk modernisasi SRAN adalah Flexi Multi Radio 10 (FMR 10). FMR 10 memiliki 7 tipe modul, sedangkan pada *site* DRDTOBINJAI2 menggunakan 4 modul yaitu modul sistem *existing* FSMF (*outdoor*) yang dikombinasikan dengan sub-modul *existing capacity extension* FBBA dan sub-modul tambahan FBBC serta *existing* modul transmisi FTIF. Modul *existing* yang diperlukan antara lain modul sistem hanya 3 perangkat dan modul transmisi hanya 2 perangkat, sisanya di *dismantle* dari *site*. Sedangkan RF modul *existing* FXED tetap digunakan untuk mendukung *band* L1800. RF modul tambahan yang digunakan adalah FRGU untuk mendukung *band* L2100 dan FXDB untuk mendukung *band* L900. Semua modul tersebut diuji dalam *testbed* untuk mengecek kompatibilitas terhadap *software* SRAN.

2.5. Kebutuhan Software

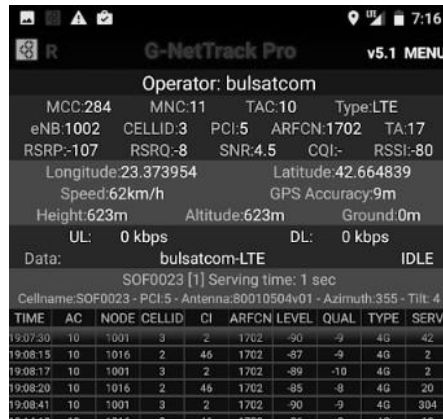
Dalam penelitian ini *software* yang digunakan untuk mendukung observasi keadaan jaringan awal maupun pengujian setelah modernisasi teknologi SRAN adalah sebagai berikut:

➤ **BTS WebEM (Web Element Manager)**

BTS WebEM adalah *software shareware* yang dikembangkan oleh Nokia dan digunakan untuk mengoperasikan BTS. WebEM menggantikan aplikasi yang sebelumnya digunakan yaitu BTS Site Manager. WebEM dapat digunakan *on site* maupun *remote* karena aplikasi tersebut berbasis standar *web browser* (*chrome prefer*). Keunggulan dari WebEM ini adalah tidak perlu meng-*install* aplikasi pada sisi *client*. Dalam penelitian ini, aplikasi ini digunakan untuk *monitoring* BTS/*network* secara *remote*.

➤ **G-NetTrack**

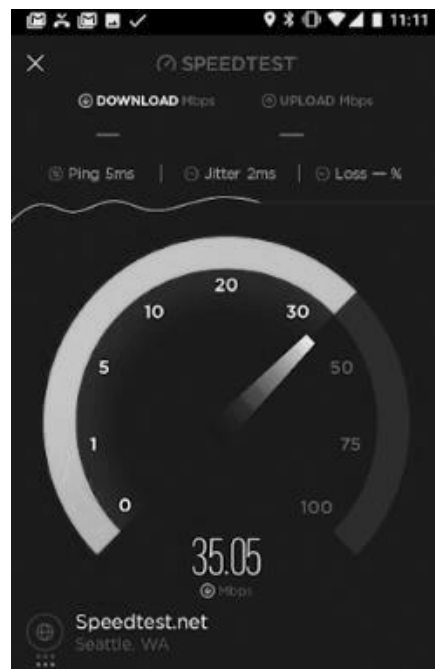
G-NetTrack adalah aplikasi *netmonitor* dan *drive test* untuk jaringan radio 5G/4G/3G/2G (NR/LTE/UMTS/GSM/CDMA/EVDO). Aplikasi ini dapat membantu memantau layanan *mobile network* dan *neighbor cell* tanpa menggunakan peralatan khusus. Tetapi tidak bisa mendapatkan *throughput* pengetesan secara *real time*.



Gambar 4. Aplikasi G-NetTrack Pro

➤ **Speedtest by Ookla**

Aplikasi ini berfungsi untuk menguji kecepatan dan kinerja koneksi internet secara *real time*.



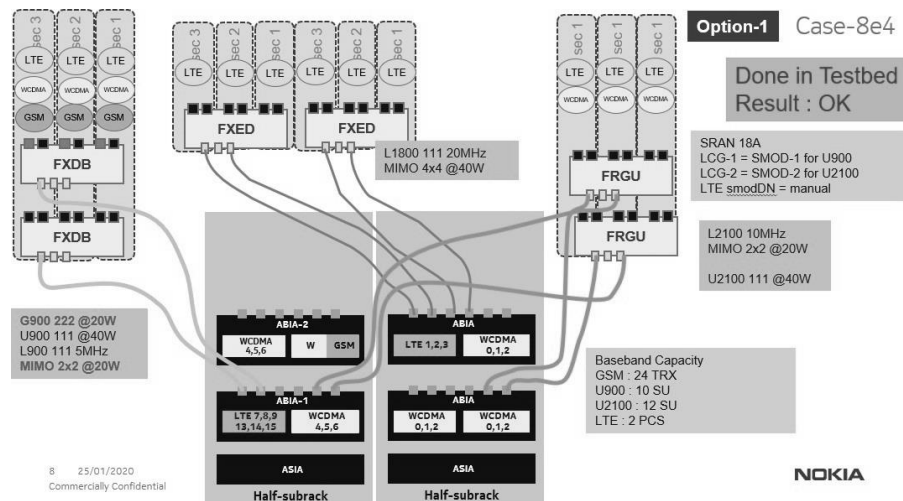
Gambar 5. Aplikasi Speedtest by Ookla

Dengan menggunakan aplikasi ini, dapat mengetahui berapa besar kecepatan *download* dan *upload* dari *provider* yang digunakan secara *real time* di area pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Testbed

Testbed merupakan istilah pengujian terhadap alat atau teknologi baru. Dalam penelitian ini, *testbed* dilakukan pada RF modul FRGU sebelum dipasang di *site* DRDTOBINJAI2. Hasil *testbed* seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Testbed RF Modul FXED-FXDB-FRGU

Setelah dilakukan testbed terhadap ketiga modul RF (FXED, FXDB dan FRGU), didapatkan kapasitas *baseband* maksimum sebagai berikut:

1. GSM: 24 TRX
2. U900: 10 Sub Unit
3. U2100: 12 Sub Unit
4. LTE: 2 PCS

Kapasitas *baseband* ini berkurang jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Hal ini dikarenakan teknologi SRAN menggunakan modul sistem yang sama untuk semua band sehingga kapasitas terbagi.

3.2. Drive Test

Drive test dilakukan untuk mengetahui performansi jaringan yang sudah dimodernisasi ke SRAN. Parameter yang diukur salah satunya adalah *throughput*. *Drive test* dilakukan sebanyak 2 kali karena ada 2 tahapan modernisasi. Berdasarkan hasil *drive test* yang disajikan setelah pengolahan data menggunakan G-NetTrack dan Speedtest by Ookla, *throughput* yang didapatkan adalah sebagai berikut sesuai pada Gambar.7 Capture hasil drive test add L2100:

No.	Item Test	Sector#	MIMO Enable	Target Value		Achieve Value	VideoCapture FramePosition (mm.ss.msmsms-mm.ss.msmsms)
				MIMO 2X2 (Current Treshold)	MIMO 2X2 (New Treshold)		
3	Data						
	3.1. Throughput Downlink	1	MIMO 2X2	>=15 Mbps	>= 3,5 Mbps	6.1 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.2. Throughput Uplink	1	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	10 Mbps	
	3.3. Latency	1	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		40 ms	
	3.4. Throughput Downlink	2	MIMO 2X2	>=15 Mbps	>= 3,5 Mbps	8.6 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.5. Throughput Uplink	2	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	10 Mbps	
	3.6. Latency	2	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		42 ms	
	3.7. Throughput Downlink	3	MIMO 2X2	>=15 Mbps	>= 3,5 Mbps	7.1 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.8. Throughput Uplink	3	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	9.4 Mbps	
	3.9. Latency	3	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		41 ms	

Gambar 7. Capture Hasil Drive Test Add L2100

No.	Item Test	Sector#	MIMO Enable	Target Value		Achieve Value	VideoCapture FramePosition (mm.ss.msmsms-mm.ss.msmsms)
				MIMO 2X2 (Current Treshold)	MIMO 2X2 (New Treshold)		
3	Data						
	3.1. Throughput Downlink	1	MIMO 2X2	>= 15 Mbps	>= 3.5 Mbps	9.4 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.2. Throughput Uplink	1	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	6.7 Mbps	
	3.3. Latency	1	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		41 ms	
	3.4. Throughput Downlink	2	MIMO 2X2	>= 15 Mbps	>= 3.5 Mbps	4.5 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.5. Throughput Uplink	2	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	3.3 Mbps	
	3.6. Latency	2	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		44 ms	
	3.7. Throughput Downlink	3	MIMO 2X2	>= 15 Mbps	>= 3.5 Mbps	12 Mbps	00:01:19.000-00:01:23.000
	3.8. Throughput Uplink	3	MIMO 2X2	>= 4 Mbps	>= 1 Mbps	6.6 Mbps	
	3.9. Latency	3	MIMO 2X2	< 70 ms (Capture Only)		44 ms	

Gambar 8. Capture Hasil Drive Test New L900 5MHz

Target *threshold* yang diinginkan dengan teknologi MIMO 2x2 yaitu *upload* dengan batas atas 3.5 Mbps dan batas bawah 1.5 Mbps. Sedangkan untuk *download*, batas atas 15 Mbps dan batas bawah 4 Mbps. Pada pengujian (*drive test*), nilai *throughput* yang tercapai pada masing-masing sektor terlihat pada gambar 7 untuk LTE 2100 dan gambar 8 untuk LTE 900 5MHz. Nilai yang didapatkan masih memenuhi range target. Parameter lain seperti *network latency* tidak boleh lebih dari 70 ms. Namun jika dibandingkan dengan hasil *drive test* sebelum dilakukan upgrade, *throughput* tidak begitu jauh berbeda.

3.3. Efisiensi Daya

Untuk menghitung efisiensi daya, yang dilakukan pertama kali adalah mengambil data konfigurasi *site* untuk mengetahui *hardware* apa saja yang terpasang setelah dimodernisasi. Data *site* konfigurasi DRDTOBINJAI2 diambil pada tanggal 12 Januari 2020. Dilihat dari data konfigurasi *site* setelah modernisasi ke SRAN, terdapat penambahan teknologi L900 dan L2100 pada *site* DRDTOBINJAI2. Hal ini mempengaruhi penggantian dan penambahan modul seperti modul sistem dan RF, karena dengan *software* SRAN modul sistem dapat digunakan untuk beberapa *network element*.

Terlihat bahwa pada arsitektur SRAN, setiap teknologi harus didukung dengan 1 modul sistem dan 1 modul *transport*. Jumlah modul sistem yang dipakai tergantung dari berapa banyak teknologi yang ada pada *site* tersebut. Seperti kasus SRAN di *site* DRDTOBINJAI2, sebelumnya memiliki 5 teknologi yang aktif pada BTS tersebut sehingga membutuhkan 5 modul sistem dan 5 modul *transport*. Sedangkan setelah modernisasi ke SRAN, dengan menambah 2 teknologi baru, jumlah modul sistem bahkan berkurang dari 5 menjadi 3 FSMF dan modul *transport* berkurang dari 5 menjadi 2 FTIF. Hal ini berarti SRAN memungkinkan 1 modul sistem untuk mendukung 1 *band* frekuensi dimana didalamnya terdapat beberapa teknologi. Daya yang digunakan untuk perangkat modernisasi SRAN total berjumlah 4938 Watt.

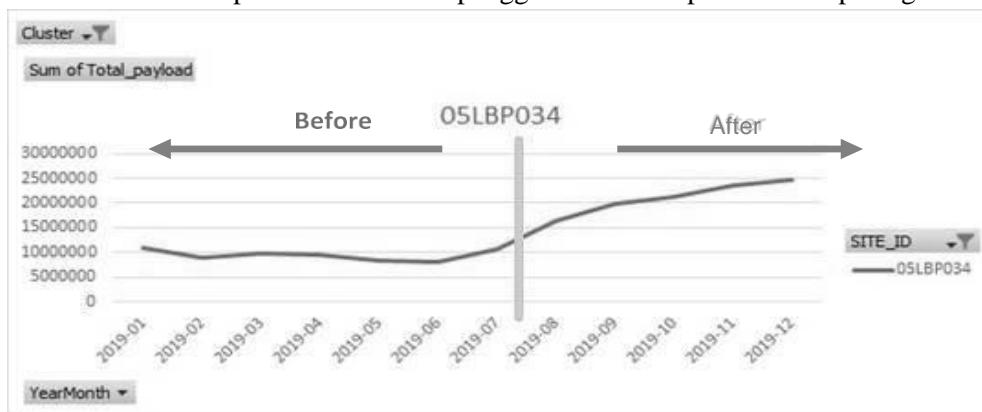
Total daya setelah modernisasi lebih besar dibandingkan dengan arsitektur sebelumnya. Walaupun sistem modul sudah disimplifikasi dengan *software* SRAN tetapi ada penambahan perangkat untuk teknologi tambahan LTE 900 dan LTE 2100. Karena itu dilakukan simulasi perhitungan efisiensi daya dengan menggunakan konfigurasi *site* awal yang sudah dimodernisasi ke SRAN dengan membandingkan konsumsi daya dengan konfigurasi *site* yang sama maka didapatkan efisiensi daya sebesar 27,12%.

3.4. Benefit Penggunaan SRAN (Single Radio Access Network)

Setelah menganalisa hasil modernisasi arsitektur jaringan SRAN, manfaat yang dirasakan oleh operator, *end user* dan vendor adalah sebagai berikut :

➤ Operator

- Manajemen operasi menjadi semakin *mobile*, mudah dan cepat.
- Mengurangi kompleksitas *hardware* pada BTS saat implementasi di lapangan dari 5 modul sistem dan 5 modul transmisi menjadi 3 modul sistem dan 2 modul transmisi.
- Mengurangi konsumsi daya modul secara keseluruhan sebesar 27%, hal ini sangat berpengaruh terhadap pengurangan *operating cost*.
- Menambah kapasitas *user* dalam penggunaan data seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Traffic Data Trend Site DRD TOBINJAI2

➤ End User

- Kecepatan *upload* meningkat dari 1,5 Mbps menjadi 3,3 hingga 10 Mbps.
- *Delay* dalam mengunduh data semakin berkurang dari yang sebelumnya mencapai 150 ms menjadi 40 ms.

➤ Vendor

Monitoring network dan *troubleshoot* semakin mudah dan cepat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Modernisasi yang sudah dilakukan pada *site* DRD TOBINJAI2, *network sharing* merubah konfigurasi modul dari 5 modul sistem dan 5 modul transmisi, menjadi 3 modul sistem dan 2 modul transmisi dengan sudah menambahkan teknologi LTE pada *band* 900 dan 2100. QoS *Throughput* yang dihasilkan setelah implementasi SRAN di lapangan dari sisi *downlink* tidak jauh berbeda dengan arsitektur sebelumnya namun ada peningkatan dari sisi *uplink* hingga mencapai 10 Mbps, kemudian *Latency* pada saat menggunakan arsitektur SRAN mencapai lebih dari 70 ms, setelah implementasi SRAN jauh membaik menjadi 40 ms serta didapatkan hasil simulasi konfigurasi *site* awal menggunakan arsitektur SRAN efisiensi energi sebesar 27,12%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para Dosen khususnya dosen Pembimbing serta para teman-teman Prodi Elektro Universitas Budi Luhur yang telah memberi dukungan serta membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nokia, “You can ’ t see the future , but you can be ready for it,” 2017.
- [2] NSN, “Single RAN Advanced Evolution : The future just got simpler,” 2013.
- [3] S. Sumathi and B. Uma, “Base-Band Processing Technology Supporting All Mobile Users,” *Int. J. Electron. Commun. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 43–51, 2017.
- [4] Mavenir, “Transforming the Radio Access Network Solution Description : Mavenir Cloud RAN,” 2017.
- [5] X. Wang *et al.*, “Energy-Efficient Virtual Base Station Formation in Optical-Access-Enabled Cloud-RAN,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 34, no. 5, pp. 1130–1139, 2016.
- [6] N. Networks, “Flexi Multiradio BTS RF Module and Remote Radio Head Description,” 2016.
- [7] N. Networks, “LTE Radio Access , Rel . RL70 , Operating Documentation , Issue 01 Flexi Multiradio 10 Base Station System Module Description,” 2015.